

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua  
Sidang Akademik 2004/2005

Mac 2005

**EMH 362E/3 – ENJIN PEMBAKARAN DALAM**

Masa : 3 jam

---

**ARAHAN KEPADA CALON :**

Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **TUJUH (7)** mukasurat dan **ENAM (6)** soalan yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan.

Jawab **LIMA** soalan sahaja.

Pelajar dibenarkan menjawab semua soalan dalam **Bahasa Inggeris ATAU Bahasa Malaysia ATAU** kombinasi kedua-duanya.

Jawapan bagi setiap soalan hendaklah dimulakan dengan mukasurat yang baru.

- S1. [a] Terangkan pembakaran normal dan tak normal di dalam enjin petrol empat lejang.

*Explain normal and abnormal combustions in four-stroke spark ignition engines.*

(40 markah)

- [b] Butana,  $C_4H_{10}$  pada  $25^\circ C$  bercampur dengan 150% udara teori pada 600 K dan dibakar di dalam kebuk pembakaran aliran-mantap. Kirakan suhu nyalaan adiabatik.

*Butane,  $C_4H_{10}$  at  $25^\circ C$  is mixed with 150% theoretical air at 600 K and is burned in an adiabatic steady-flow combustor. Calculate the adiabatic flame temperature.*

Jadual S1[b]

Table Q1[b]

Constituent	$h_f^\circ$ [kJ/kmole]	$h - h_f^\circ$ [kJ/kmole]				
		600K	1800K	1900K	2000K	2200K
$C_4H_{10}$	-126 200	-	-	-	-	-
$CO_2$	-393 522	9245	79 432	85 420	91 439	103 562
$H_2O$	-241 826	10 499	62 693	67 706	72 788	83 153
$N_2$	0	8894	48 979	52 549	56 137	63 362
$O_2$	0	9245	51 674	55 414	59 176	66 770

(60 markah)

- S2. [a] Lukiskan graf tork brek dan kuasa bagi sebuah enjin automotif empat lejang tipikal.

*Draw a typical brake torque and power curve for a four-stroke automotive engine.*

(20 markah)

- [b] Terangkan pemasaan dahuluan di dalam enjin petrol.

*Explain advance timing for petrol engines.*

(20 markah)

- [c] Sebuah enjin cucuhan bunga api dua lejang pada kelajuan 3000 ppm menyedut masuk 0.1 gram campuran udara-bahanapi ketika lejang masukan. Cucuhan bunga api terjadi pada 22°BTDC dan nyalaan bergelora tersebar secara sfera dan membakar campuran udara-bahanapi dalam tempoh pembakaran 35° sudut engkol. Pada TDC, tekanan dan suhu campuran udara-bahanapi tak terbakar ialah 22.3 bar dan 1005 K masing-masing. Halaju nyalaan gelora boleh dikira dengan menggunakan persamaan di bawah:

$$S_T = (1 + 0.002N) \left\{ 0.26 \left( \frac{T_U}{298} \right)^{2.18} (P_U)^{-0.16} \right\}$$

iaitu  $N$  ialah halaju enjin dalam ppm,  $T_U$  dan  $P_U$  ialah suhu dan tekanan campuran udara-bahanapi tak terbakar pada TDC. Pemalar gas bagi campuran udara-bahanapi tak terbakar pada TDC ialah 287 J/kgK. Kirakan luas permukaan nyalaan apabila sampai ke TDC. [Pembayang: gunakan fungsi Wiebe bagi mengira pecahan jisim terbakar].

*A two-stroke spark ignition engine running at 3000 rpm takes 0.1 gram of air-fuel mixture during the induction stroke. Spark occurs at 22°BTDC and a turbulent flame spreads spherically which consumes the entire air-fuel mixture in 35° crank angle. At TDC, the unburned air-fuel mixture pressure and temperature are 22.3 bar and 1005 K respectively. The turbulent flame speed can be calculated using the following equation:*

$$S_T = (1 + 0.002N) \left\{ 0.26 \left( \frac{T_U}{298} \right)^{2.18} (P_U)^{-0.16} \right\}$$

*Where  $N$  is engine speed in rpm,  $T_U$  and  $P_U$  are unburned air-fuel mixture temperature and pressure at TDC respectively. The gas constant of unburned air-fuel mixture at TDC is 287 J/kgK. Calculate the surface area of the flame when it reaches TDC. [Hint : use Wiebe function to calculate the mass fraction burned].*

(60 markah)

- S3. [a] Lukiskan dengan kemas gambarajah blok bagi Hybrid Electric Vehicle (HEV) jenis selari. Senaraikan DUA kelebihan HEV jenis selari jika dibandingkan dengan HEV jenis bersiri.

*Neatly draw a block diagram of parallel type Hybrid Electric Vehicle (HEV). List down TWO advantages of parallel type HEV over series type HEV.*

(30 markah)

[b] Data berikut merujuk kepada enjin cucuhan bunga api empat lejang.

Jenis enjin	:	V8
Kapasiti enjin	:	3.5 liter
Kuasa keluaran maksima	:	186.5 kW pada 4400 rpm
Tork keluaran maksima	:	258 Nm pada 3000 rpm
bsfc pada 3000 rpm	:	0.085 kg/MJ
kadar alir isipadu udara pada 3000 rpm	:	0.072 m <sup>3</sup> /s
Kecekapan mekanikal	:	88%
$Q_{net,v}$ bagi bahanapi	:	44200 kJ/kg
Keadaan persekitaran	:	23°C dan 1.103 bar

**Kirakan**

- (i) imep pada 4400 rpm dan 3000 rpm
- (ii) kecekapan terma brek pada 3000 rpm
- (iii) nisbah udara-bahanapi pada 3000 rpm

*The following data refers to a four-stroke spark ignition engine.*

<i>Engine type</i>	:	<i>V8</i>
<i>Engine capacity</i>	:	<i>3.5 litre</i>
<i>Maximum power output</i>	:	<i>186.5 kW at 4400 rpm</i>
<i>Maximum torque output</i>	:	<i>258 Nm at 3000 rpm.</i>
<i>bsfc at 3000 rpm</i>	:	<i>0.085 kg/MJ</i>
<i>Volume air flow rate at 3000 rpm</i>	:	<i>0.072 m<sup>3</sup>/s</i>
<i>Mechanical efficiency</i>	:	<i>88%</i>
<i><math>Q_{net,v}</math> of the fuel</i>	:	<i>44200 kJ/kg</i>
<i>Ambient conditions</i>	:	<i>23°C and 1.013 bar</i>

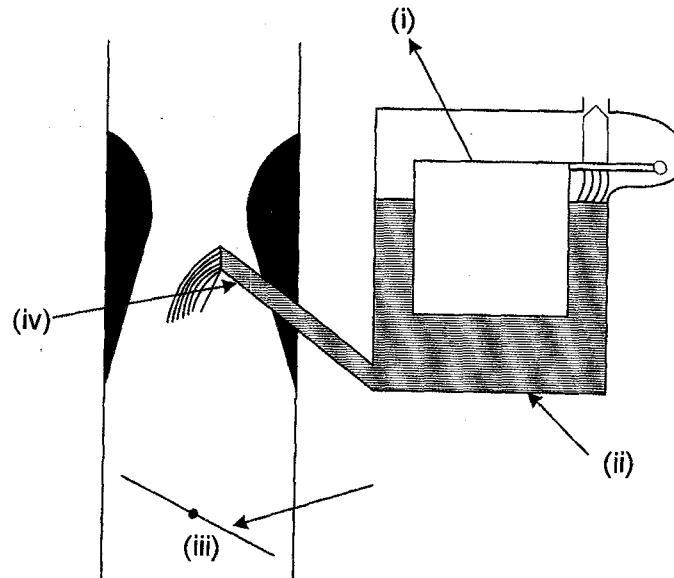
*Calculate*

- (i) *imep at 4400 rpm and 3000 rpm*
- (ii) *brake thermal efficiency at 3000 rpm*
- (iii) *air-fuel ratio at 3000 rpm*

**(70 markah)**

- S4. [a] Namakan bahagian-bahagian (i), (ii), (iii) dan (iv) seperti yang ditunjukkan dalam Rajah S4[a].

*Name parts (i), (ii), (iii) and (iv) as shown in Figure Q4[a].*



Rajah S4[a]  
Figure Q4[a]

(20 markah)

- [b] Jisim sebenar bahanapi yang disukat di dalam karburetor adalah lebih besar daripada yang diramal dengan menggunakan teori ketakbolehmpatan. Kenapa?

*The actual mass of fuel metered in the carburetor is larger than that predicted from incompressible theory. Why?*

(20 markah)

- [c] Data berikut merujuk kepada enjin cucuhan bunga api empat lejang:

Isipadu tersapu	:	1298 cc
Halaju enjin	:	3700 rpm
Keluaran tork pada 3700 rpm	:	118 Nm
bsfc pada 3700 rpm	:	0.084 kg/MJ
kecekapan isipadu	:	82%
Tekanan pada kerongkong	:	0.938 bar
Pekali luahan pada kerongkong	:	0.85
Pekali luahan pada orifis jet	:	0.66
Graviti tentu bahanapi	:	0.745
Tekanan dan suhu atmosfera	:	1.013 bar and 25°C

**Kirakan**

- (i) diameter bagi orifis jet, jika paras bahanapi ialah 5.6 cm di bawah kerongkong.  
 (ii) diameter kerongkong.

$$\dot{m}_a = \frac{C_{DT} A_T p_o}{\sqrt{R T_o}} \left( \frac{p_T}{p_o} \right)^{1/\gamma} \left\{ \frac{2\gamma}{\gamma-1} \left[ 1 - \left( \frac{p_T}{p_o} \right)^{(\gamma-1)/\gamma} \right] \right\}^{1/2}$$

$$\dot{m}_f = C_{D_o} A_o (2\rho_f \Delta P_f)^{1/2}$$

$$\Delta P_f = \Delta P_a - \rho_f g h$$

The following data refer to a four-stroke spark ignition engine:

Swept volume	: 1298 cc
Engine speed	: 3700 rpm
Torque output at 3700 rpm	: 118 Nm
bsfc at 3700 rpm	: 0.084 kg/MJ
Volumetric efficiency	: 82%
Pressure at throat	: 0.938 bar
Discharge coefficient at throat	: 0.85
Discharge coefficient of jet orifice	: 0.66
Specific gravity of fuel	: 0.745
Atmospheric pressure and temperature	: 1.013 bar and 25°C

Calculate

- (i) the diameter of the fuel jet orifice, if fuel level is 5.6 cm below the throat.  
 (ii) the diameter of the throat.

$$\dot{m}_a = \frac{C_{DT} A_T p_o}{\sqrt{R T_o}} \left( \frac{p_T}{p_o} \right)^{1/\gamma} \left\{ \frac{2\gamma}{\gamma-1} \left[ 1 - \left( \frac{p_T}{p_o} \right)^{(\gamma-1)/\gamma} \right] \right\}^{1/2}$$

$$\dot{m}_f = C_{D_o} A_o (2\rho_f \Delta P_f)^{1/2}$$

$$\Delta P_f = \Delta P_a - \rho_f g h$$

(60 markah)

- S5. [a] Senaraikan EMPAT kelebihan enjin diesel dan EMPAT keburukan enjin diesel berbanding enjin petrol.

*List FOUR advantages and FOUR disadvantages of diesel engines over petrol engines.*

(50 markah)

- [b] Enjin diesel adalah lebih mudah untuk dihidupkan jika dibandingkan dengan enjin petrol. Terangkan.

*Diesel engines are inherently much more difficult to start than petrol engines. Explain.*

(50 markah)

- S6. [a] Tunjukkan kepekatan HC, CO dan NO dengan nisbah setara di dalam ekzos bagi enjin cucuhan bunga api.

*Show the variation of HC, CO and NO concentration with equivalence ratio in the exhaust of a spark ignition engine.*

(20 markah)

- [b] Terangkan secara ringkas pembentukan bahan cemar-bahan cemar HC, CO dan NO di dalam selinder enjin cucuhan bunga api. Gambarkan penerangan anda dengan gambarajah yang sesuai.

*Briefly explain the formation of HC, CO and NO pollutants within the cylinder of spark ignition engine. Illustrate your explanation with suitable diagrams.*

(40 markah)

- [c] Sebuah enjin cucuhan bunga api menggunakan secara purata 120 gram petrol bagi setiap kilometer perjalanan. Purata keluaran dari enjin (sebelum masuk ke pemangkinan) adalah 1.5, 2.0 dan 20 gram per kilometer bagi  $\text{NO}_x$  (sebagai  $\text{NO}_2$ ), HC dan CO masing-masing. Enjin beroperasi pada campuran stoikiometri petrol-udara. Kirakan kepekatan purata dalam bahagian per juta bagi  $\text{NO}_x$ , HC (sebagai bahagian per juta  $\text{C}_1$ ) dan CO di dalam ekzos enjin.

*A spark ignition engine uses on average 120 grams of gasoline per km traveled. The average emissions from the engine (upstream of the catalyst) are 1.5, 2.0 and 20 grams per km of  $\text{NO}_x$  (as  $\text{NO}_2$ ), HC and CO respectively. The engine operates with a stoichiometric gasoline-air mixture. Find the average concentrations in parts per million of  $\text{NO}_x$ , HC (as ppm  $\text{C}_1$ ) and CO in the engine exhaust.*

(40 markah)